

DOCUMENTOS EXPLICATIVOS DE MAPAS DE INESTABILIDAD DE
TERRENO Y GEOLOGÍA DEL TRAMO DE CARRETERA
DESDE LA TRINIDAD (ESTELÍ) HASTA EL ESPINO,
AL NORTE DE NICARAGUA

Por. Tupak Obando,

Ingeniero en Geología. Master y Doctorado en Geología, y Gestión Ambiental de los Recursos Mineros por la Universidad Internacional de Andalucía (Huelva, España). Especialista en Deslizamientos Volcánicos y No Volcánicos.

**Explicación de mapa de inestabilidad de terrenos y geología en
tramo de carretera entre poblados de Estelí, Cuesta Cucamonga
y Condega (Nicaragua)**

Este documento complementa el mapa adjunto que muestra la distribución espacial de rocas y suelos que componen la geología de la Cuesta Cucamonga en Estelí (Nicaragua).

El área afectada es el tramo de carretera entre los poblados de Estelí y Condega, al Norte de Nicaragua, siendo una región montañosa y abrupta con elevaciones topográficas entre 400 y 800 metros.

En este corte de carretera, se muestran ocho terrenos críticos (círculos color verde), característicos de taludes moderadamente empinados, fracturados y meteorizados de seis y ocho metros de alto con pendientes entre 22 y 35 grados.

Igualmente, se dibujaron alrededor de catorce áreas inestables del terreno (cuadros color verde) susceptibles a moverse por lluvias y/o sismos importantes, siendo corte de taludes de diez y dieciséis metros de alto con pendientes entre 32 y 45 grados, ubicándose en ese cuadrante, los principales movimientos de masas distribuidos en 5 km², próximos a comunidades, Lugar Portal del Belén, Cerro El Mancornadero, Santa Adelaida, y Lugar Cuesta de Cucamonga. Los puntos más afectados se localizan entre los kilómetros, 168 y 190, en donde se presentan derrumbes de rocas, y flujos de detritos. La longitud de este tramo mide 30 kilómetros.

Otros sitios, también, inestables, distribuidos en 3km², se ubican en las proximidades de las comunidades, Buenos Aires, San Pedro, El Arenal y Cerro San Pedro

Este inventario se basó en la observación visual en el terreno de diferentes sectores.

Los derrumbes, y flujos de detritos solo involucran la parte mas alta de taludes rocosos de la carretera. Se estimó una pendiente de entre 35 y 50 grados (media de 42) para los movimientos en masas indicados en el mapa adjunto como terrenos inestables.

Por otro lado, los materiales con desarrollo preferente en esa región son los aglomerados volcánicos, suelos de textura areno-limosa, arenosa y areno-arcillosos, y rocas basalto, datos que son, también, corroborados por la cartografía geológica cortesía de CATASTRO del año 1972.

Otra parte de esos materiales, ya mezclados, se encuentran en planicies de inundadas por el Río Estelí, dispuestos a moverse por las lluvias que les impulse.

Estos materiales se encuentran leve hasta intensamente alterado, meteorizado y fracturados. Esto último debido a la incidencia de sistemas de fallas geológicas supuestas de longitud considerable. De estas, tres fallas alcanzan el trecho de carretera en Cuesta La Cucamonga. Dos de estas fallas geológicas tienen dirección preferencial Noroeste-Sureste, y una última rumbo Noreste-Suroeste. Buenos afloramientos se suponen en las Comunidades, Buenos Aires, Cerro El Mancornadero, y Lugar Cuesta de Cucamonga.

Según Estudios realizados por el GSHAP (1,999), las características sísmica de esa zona, es una de las particularidades significativas que se deben considerarse en las obras de ingeniería existentes o en fase de construcción debido a los valores considerables de magnitud y profundidad que generan sismos importante a nivel local, especialmente, la demanda sísmica transferida al subsuelo valorado en 0.25g (capaz de ocasionar daños físicos a la obras civiles del lugar) con período de retorno de 475 años.

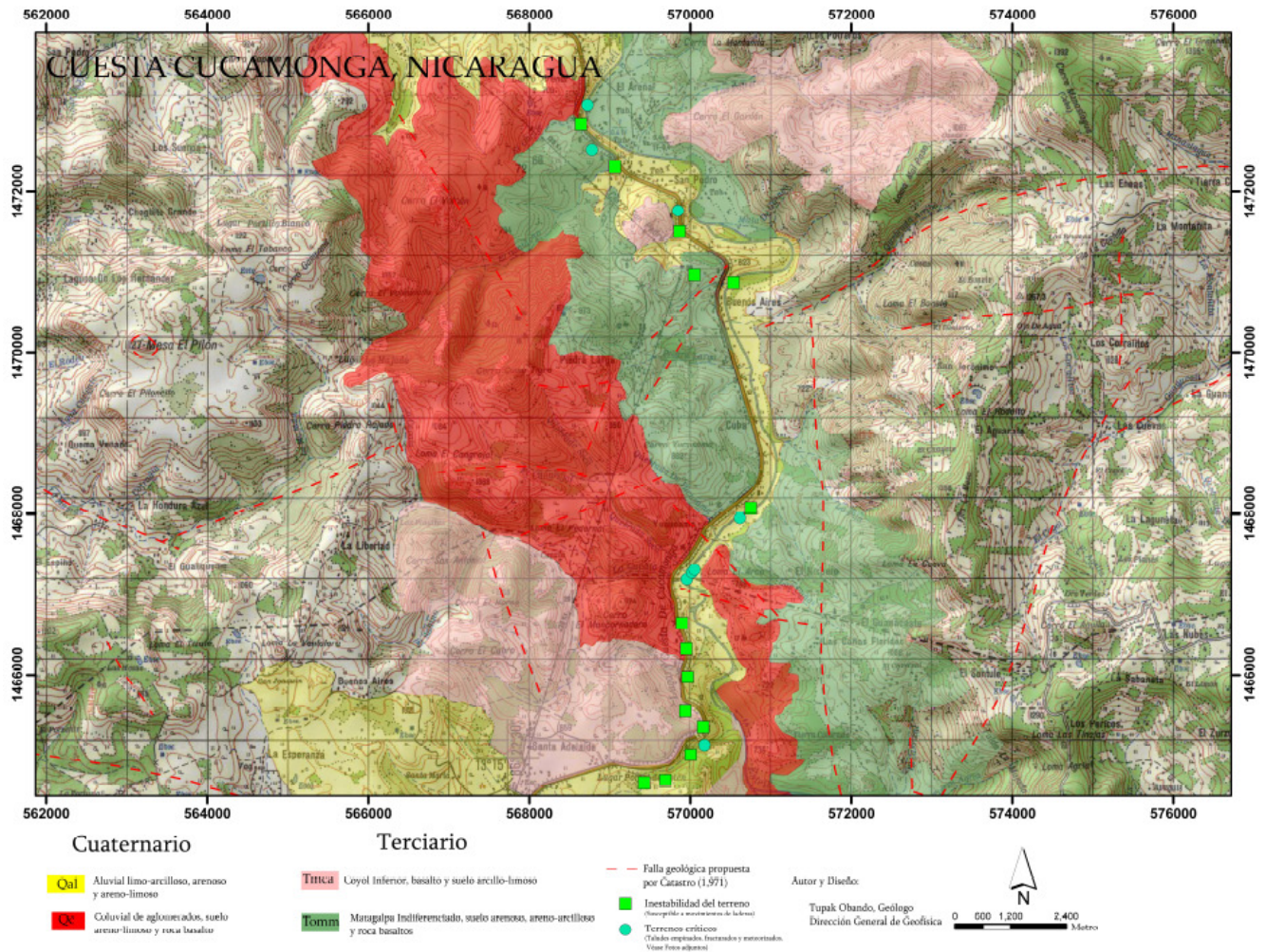
Los trabajos fueron realizados en el cuadrante Sureste de la Hoja topográfica La Sirena (código índice 2955-IV) a escala 1:50,000.

Metodología de trabajo

En la preparación del mapa se procedió de la siguiente:

- ✚ En mapa topográfico La Sirena (Código índice: 2955-IV) a escala 1:50,000 datum WGS 84 del año 1988 editado por Ineter, se dibujó y pintó las ocho zonas críticas, y catorce áreas inestables del terreno a lo largo del tramo de carretera entre poblados de Estelí y Condega, particularmente, en trecho de la Cuesta Cucamonga.
- ✚ A su vez, se aplicó el modelo digital del terreno (MDT) con resolución óptima desde 90 metros de alto propuesto por la NASA (2,003) para resaltar las características fisiográficas, elevaciones topográfica, y planicies de inundación de Río Estelí, en donde destacan como infraestructura física principal, la carretera, y núcleos poblacionales y dispersos, entre otros.
- ✚ Posteriormente, se delimitó las unidades de rocas y suelos en polígonos de varios colores, estos representan la distribución espacial de los materiales en la zona, siendo corroborados con datos aportados por CATASTRO (1,972)
- ✚ Seguidamente, se indican fallas geológicas supuestas notorias en fotos aéreas del área a escala 1:40,000 del año 1,996, siendo superpuesta en el mapa resultante. Las fallas geológicas se representan por trazos discontinuos color rojo, siendo una información de mucho provecho para la planificación física y ordenamiento de esos territorios, pero ello solicita ser complementada con información disponible en oficinas de Catastro de los municipios de Estelí, y Condega, entre la información importante que debe ser conocida están datos demográficos, el diseño y cantidad de edificaciones locales, su distribución espacial, y otros para análisis posteriores vinculados con la gestión de riesgos, y estudios de vulnerabilidad.
- ✚ Posteriormente, se aplican conceptos de Sistema de Información Geográfica con ayuda del Software ArcGis 9,0 para la digitalización de capas temáticas espaciales asociados con la geología, y los terrenos inestables. Se establecieron atributos vinculados con el área en km², simbología y descripción basada en criterios del especialista geólogo sobre la base de las observaciones y criterios antes referidos.

- Por último, se preparó el presente documento explicativo como parte del marco de convenio de Cooperación Internacional para el Desarrollo entre México y Nicaragua, apoyado de los datos obtenidos y su análisis, los cuales se introdujeron al programa informático mencionado, permitiendo la elaboración del mapa adjunto que figura más adelante.



Mapa No 1. Mostrando sitios inestables del terreno y distribución espacial de la litología afectada en tramo de carretera de Cuesta de Cucamonga (Estelí, Nicaragua) a escala 1:50,000. Diseño y Realización: T. Obando.

Explicación de mapa de susceptibilidad por deslizamientos, y geología en tramo de carretera entre poblados de Condega, y Palacaguina (Nicaragua)

Este documento complementa el mapa anexo que muestra la distribución geográfica de rocas y suelos que componen la geología Condega (Estelí, Nicaragua).

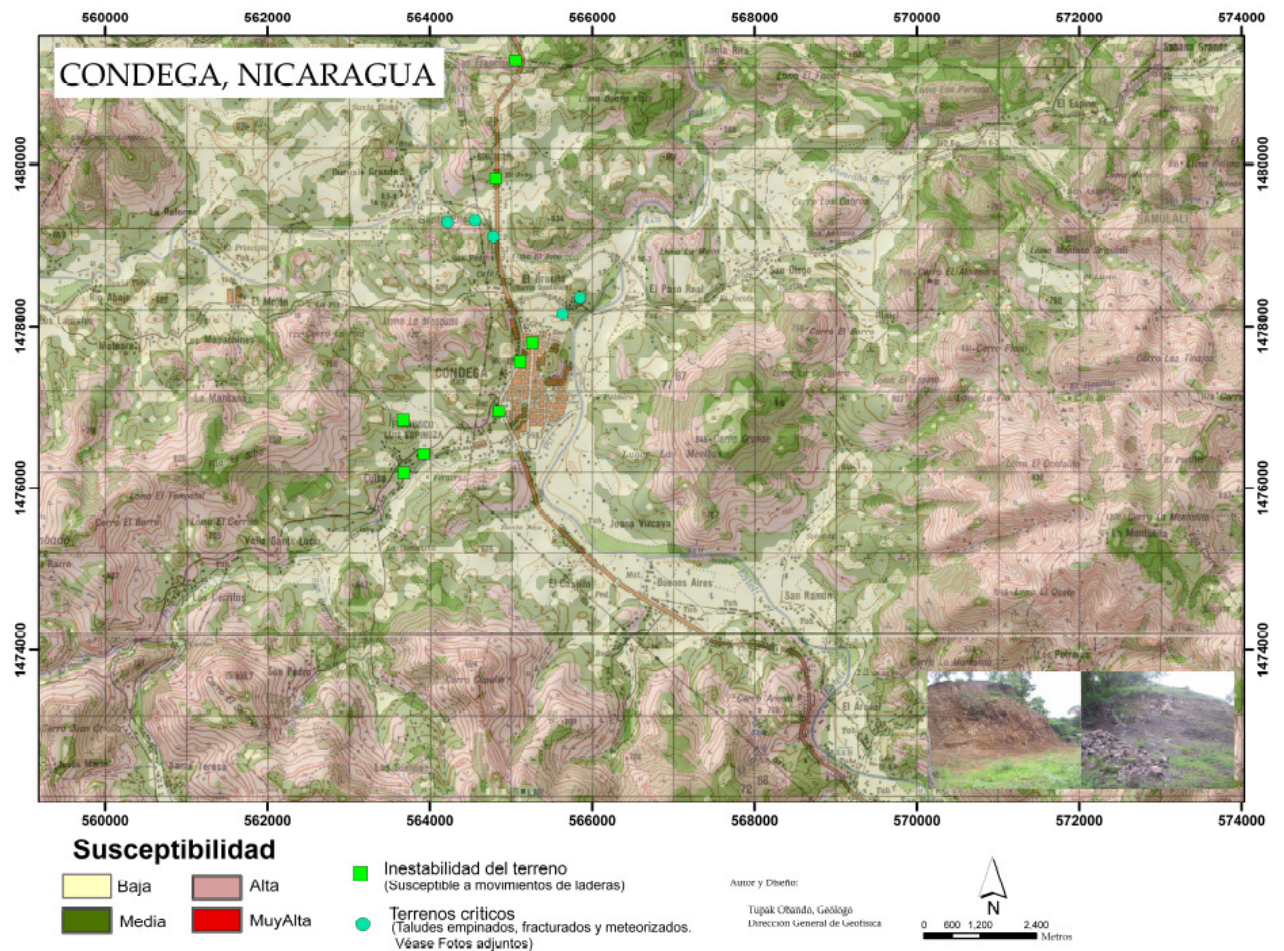
El área de interés es el tramo de carretera en poblado de Condega, al Norte del país, en donde destacan relieves escarpados y empinados con elevaciones topográficas mayores a los 800 metros.

En este trecho en la carretera, muestra ocho áreas inestables del terreno (en mapa, cuadro color verde) susceptibles a moverse por lluvias y/o sismos importantes, siendo corte de taludes de seis y dieciséis metros de alto con pendiente entre 22 y 45 grados.

Los principales movimientos de masas están distribuidos en 3 km², en las comunidades, El Culse, Francisco Luis Espinosa, y Condega. Los puntos más afectados se localizan el Culse y Condega, en donde se presentan derrumbes de rocas, y deslizamientos. La longitud de este tramo mide 25 kilómetros.

Por otro lado, se contabilizan cinco terrenos críticos distribuidos en 2km², son típicos de taludes rocosos considerablemente fracturados y meteorizados (en mapa, círculos color verde) con seis y 10 metros de alto, y pendientes entre 22 y 40 grados, los cuales se ubican en las comunidades, El Bracito (Barrio Guadalupe), Santa Elisa y San Pedro.

Según datos aportados por trabajos recientes, se presentan moderada susceptibilidad a deslizamientos para las áreas, El Culse, Francisco Luis Espinosa, y Santa Elisa, no siendo así, para Loma La Mosquita, Condega, y demás elevaciones topográficas con alta susceptibilidad. Los criterios empleados para tales calificaciones han sido el relieve relativo (entre 4 y 38 grados), la litología (desde ligera a profundamente compacto y fracturados), la humedad del suelo, la actividad sísmica (con aceleraciones sísmica entre 0.098 y 5 m/seg² propuesta por Mora y Varhson, 1991) y la precipitación máxima (entre 100 y 400mm/día propuesto por Mora y Varhson, 1991). Factores influyentes en la generación de movimientos de laderas superficiales. Estos datos, son corroborados con trabajos realizados en el terreno, que son ilustrados en el mapa que sigue.



Mapa No 2. Mostrando la susceptibilidad relativa por movimientos de laderas en el área de Condega. Escala 1:60, 000. Diseño y Realización: T. Obando.

Este inventario se basó en la observación visual en el terreno de diferentes sectores.

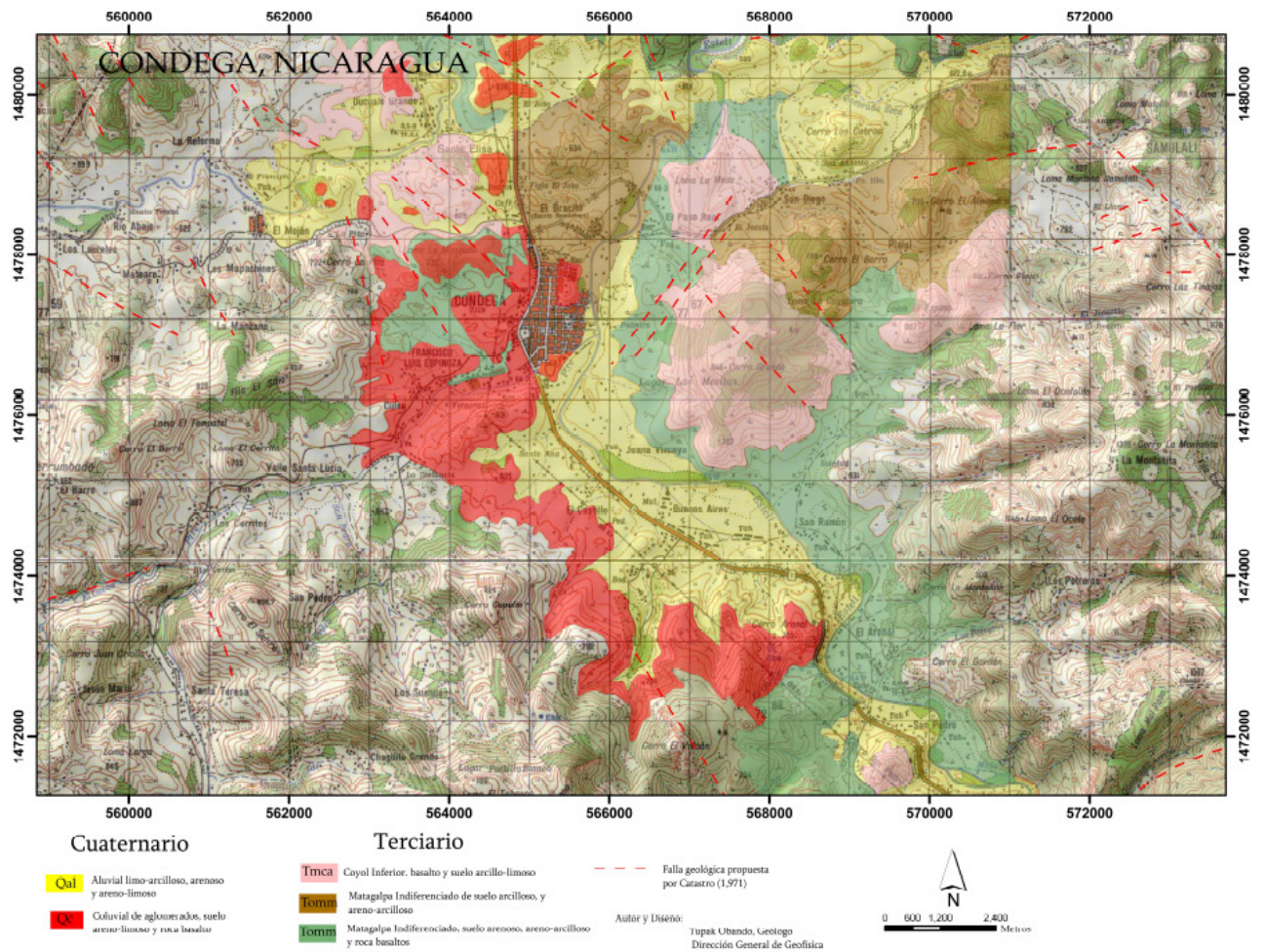
Por otro lado, los materiales geológicos predominantes en esa región son los suelos de textura limo-arcilloso, arenoso, areno-limoso, areno-arcilloso y rocas basaltos, datos que son, también, corroborados por la cartografía geológica cortesía de CATASTRO del año 1972.

Otra parte de esos materiales, ya mezclados, se encuentran en planicies de inundadas por el Río Estelí, dispuestos a moverse por las lluvias que les impulse.

Estos materiales se encuentran leve hasta intensamente alterado, y meteorizado con ligeras fracturas superficiales en los cortes de carreteras.

Solamente, se reconoce en el terreno, la ocurrencia de falla geológica que incide y corta la carretera desplazando unidades de capas de suelos. Esta falla geológica que se indica en el mapa No 3 tiene una dirección Noroeste-Sureste con longitud importante. Buenos afloramientos se observan en corte de carretera próximo a El Jobo.

Según el GSHAP (1,999), las características sísmica de esa zona, es importante al momento de proyectar obras de ingeniería local, sobre todo, la incidencia de sismos superficiales producto de la activación de esta falla geológica. Los trabajos fueron realizados en el cuadrante Sureste de la Hoja topográfica Condega (código índice 2956-III) a escala 1:50,000.



Mapa No 3. Mostrando esquema geológico en Condega. Escala 1:60,000. Diseño y Realización: T. Obando.

Metodología de trabajo

En la preparación de mapas No 2 y No 3, se procedió de la siguiente:

- ✚ En mapa topográfico Condega (Código índice: 2956-III) a escala 1:50,000 datum WGS 84 del año 1988 editado por Ineter, se dibujó y pintó cinco zonas críticas, y ocho áreas inestables del terreno a lo largo de tramo de carretera entre poblados Condega y Palacaguina
- ✚ A su vez, se aplicó el modelo digital del terreno (MDT) con resolución óptima desde 90 metros de alto propuesto por la NASA (2,003) para resaltar las características del relieve, llanos y cerros, así como accesos principales, y secundarios, a igual, que núcleos urbanos y rurales.
- ✚ Posteriormente, se delimitó y pintaron los polígonos de rocas y suelos en diferentes colores en superficie, corroborados con datos de CATASTRO (1,972)
- ✚ Seguidamente, se indican falla geológica reconocida en el terreno, así como las aquellas fallas geológicas foto-interpretadas en fotogramas a escala 1:40,000 del año 1,996, siendo dibujadas en el mapa. Las fallas geológicas se representan por trazos discontinuos color rojo. Esto con miras a contribuir con reducción del riesgo sísmico, y vulnerabilidad de comunidades aledañas a zonas inestables de municipios de Condega, y Palacaguina.
- ✚ Posteriormente, se aplican conceptos de Sistema de Información Geográfica con ayuda del Software ArcGis 9,0 para la digitalización de capas temáticas espaciales asociados con la geología, y los terrenos inestables. Se establecieron atributos vinculados con el área en km², simbología y descripción basada en criterios del especialista geólogo sobre la base de las observaciones y criterios antes referidos.
- ✚ Por último, se preparó el presente documento explicativo como parte del marco de convenio de Cooperación Internacional para el Desarrollo entre Mexico y Nicaragua, apoyado de los datos obtenidos y su análisis, los cuales se introdujeron al programa informático mencionado, permitiendo la elaboración del mapa adjunto que figura más adelante.

Explicación de mapa de susceptibilidad por deslizamientos, y geología en tramo de carretera entre poblados de Palacaguina y Yalaguina (Nicaragua)

Este documento complementa el mapa anexo que muestra la distribución espacial de e rocas y suelos que componen la geología en tramo de carretera entre Palacaguina y Yalaguina (Nicaragua).

El territorio visitado, se caracteriza por morfologías empinadas y elevadas con cerros que alcanzan los 850 metros de alto.

En esa región, se exponen en las paredes de cortes de taludes rocosos de 7 y 15 metros de alto con pendientes entre 25 y 37 grados. En mapa No 4, se muestra la extensión superficial de materiales geológicos que componen la estructura del terreno.

Los depósitos aluviales, las rocas andesitas y conglomerados de cuarzo rojo del Totogalpa, son todos, los materiales de mayor predominio en esa región, tal como ocurre en Palacaguina. Estos datos son corroborados por la cartografía geológica cortesía de CATASTRO del año 1972.

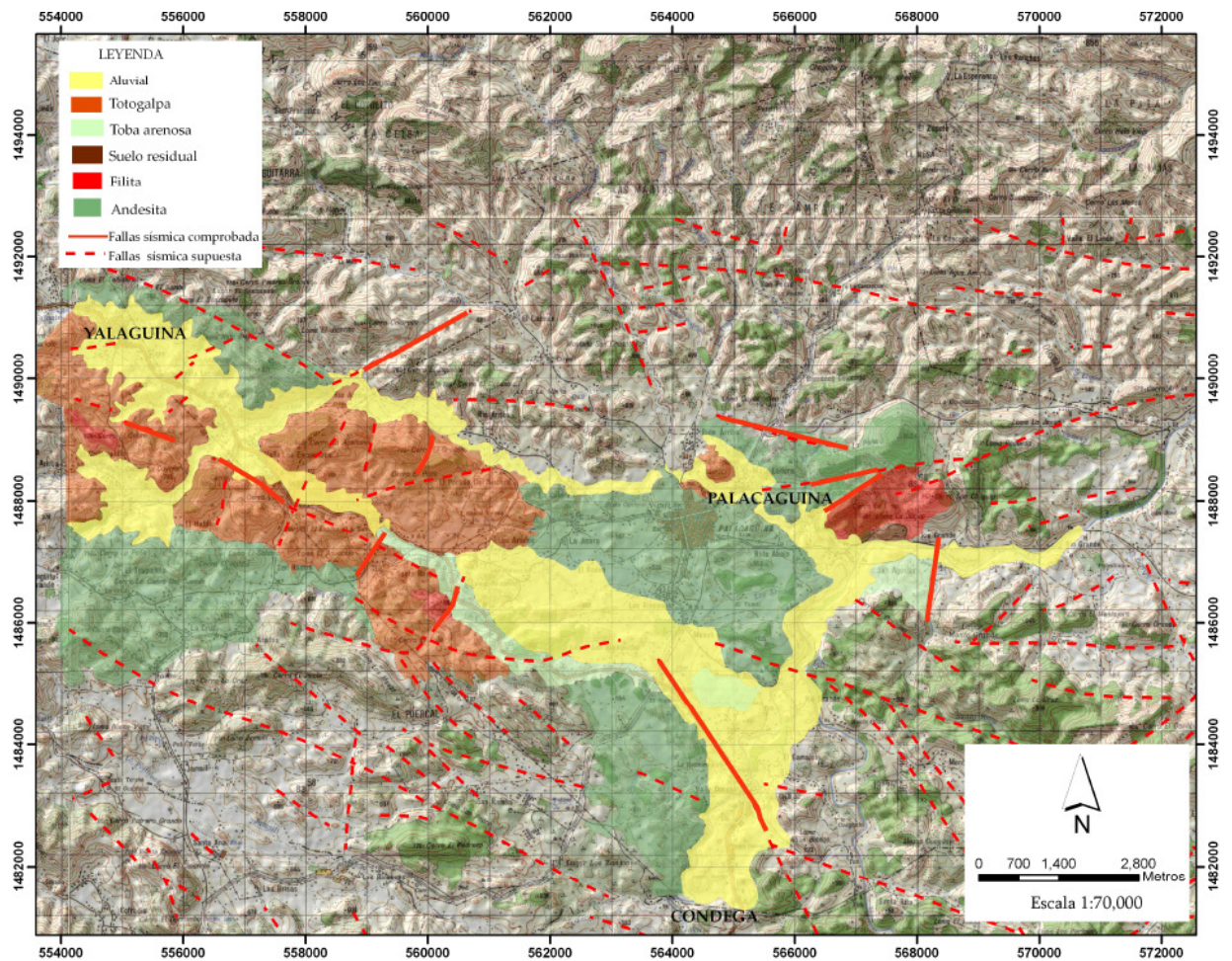
Otra parte de esos materiales, ya mezclados, se encuentran en las planicies de ríos y afluentes superficiales que allí concurren.

Dichos materiales se encuentran leve hasta intensamente alterado, y meteorizado con importante fracturación superficial expuesta en cortes de esta carretera.

En ese territorio de interés, se identifican cuatro fallas geológicas con direcciones Noroeste-Sureste, y Suroeste-Noreste, las cuales inciden directamente, y corta la carretera, desplazando unidades de capas del subsuelo. Buenos afloramientos se observan en corte de carretera próximo a comunidades, Lugar La Blanquita, Santa Rosa, Loma Redonda, Portillo El Espino, Cerro Viejo, y Yalaguina.

Según el GSHAP (1,999), las características sísmica de esa zona, constituye un importante elemento a considerar a la hora de construir infraestructura física, debido a la influencia que suele ocasionar la activación de fallas geológicas locales.

Los trabajos fueron realizados en el cuadrante Sureste de la Hoja topográfica Condega (código índice 2956-III) a escala 1:50,000.



Mapa No 4. Mostrando geología entre poblados de Palacaguina y Yalaguina. Escala 1:70,000. Diseño y Realización: T. Obando.

Metodología de trabajo

En la preparación de mapas No 4, se procedió de la siguiente:

- ✚ En mapa topográfico Condega (Código índice: 2956-III) a escala 1:50,000 datum WGS 84 del año 1988 editado por Ineter, se dibujó y pintó las unidades de rocas y suelos que afloran en superficie a lo largo del tramo de carretera entre Yalaguina y Palacaguina. Corroborados con datos de CATASTRO (1,972)
- ✚ A su vez, se aplicó el modelo digital del terreno (MDT) con resolución óptima desde 90 metros de alto propuesto por la NASA (2,003) para resaltar las características del relieve, llanuras de inundación y elevaciones topográficas, así como carreteras, caminos secundarios, y urbes.
- ✚ Seguidamente, se indican cuatros fallas geológicas comprobadas en el terreno, y aquellas fallas geológicas foto-interpretadas en imágenes aéreas a escala 1:40,000 del año 1,996, siendo dibujadas en el mapa. Las fallas geológicas reconocidas se representan por trazos continuos color rojo, y las fallas supuestas se plasman con trazos continuos. Esto con miras a contribuir con planificación territorial y uso adecuado de los suelos en los poblados antes referidos.
- ✚ Posteriormente, se aplican conceptos de Sistema de Información Geográfica con ayuda del Software ArcGis 9,0 para la digitalización de capas temáticas espaciales asociados con litología afectada por fallas superficiales, y los terrenos inestables. Se establecieron atributos vinculados con el área en km², simbología y descripción basada en criterios del especialista geólogo sobre la base de las observaciones y criterios antes referidos.
- ✚ Por último, se preparó el presente documento explicativo como parte del marco de convenio de Cooperación Internacional para el Desarrollo entre Mexico y Nicaragua, apoyado de los datos obtenidos y su análisis, los cuales se introdujeron al programa informático mencionado, permitiendo la elaboración del mapa adjunto que figura más adelante.

Explicación de mapa de susceptibilidad por deslizamientos, y geología en tramo de carretera entre poblados de Yalaguina, Somoto, y El Espino (Nicaragua)

Este documento complementa el mapa anexo que muestra la distribución geográfica de los materiales geológicos que componen el basamento entre los poblados de Yalaguina, Somoto, y El Espino, al Norte de Nicaragua.

El territorio visitado, se caracteriza por morfologías abruptas y accidentadas entre 600 y 1,200 metros de altura con pendientes entre 15 y 45 grados.

En esa región, se exponen en las paredes de cortes de taludes rocosos de 22 y 35 metros de alto con pendientes de 45 grados.

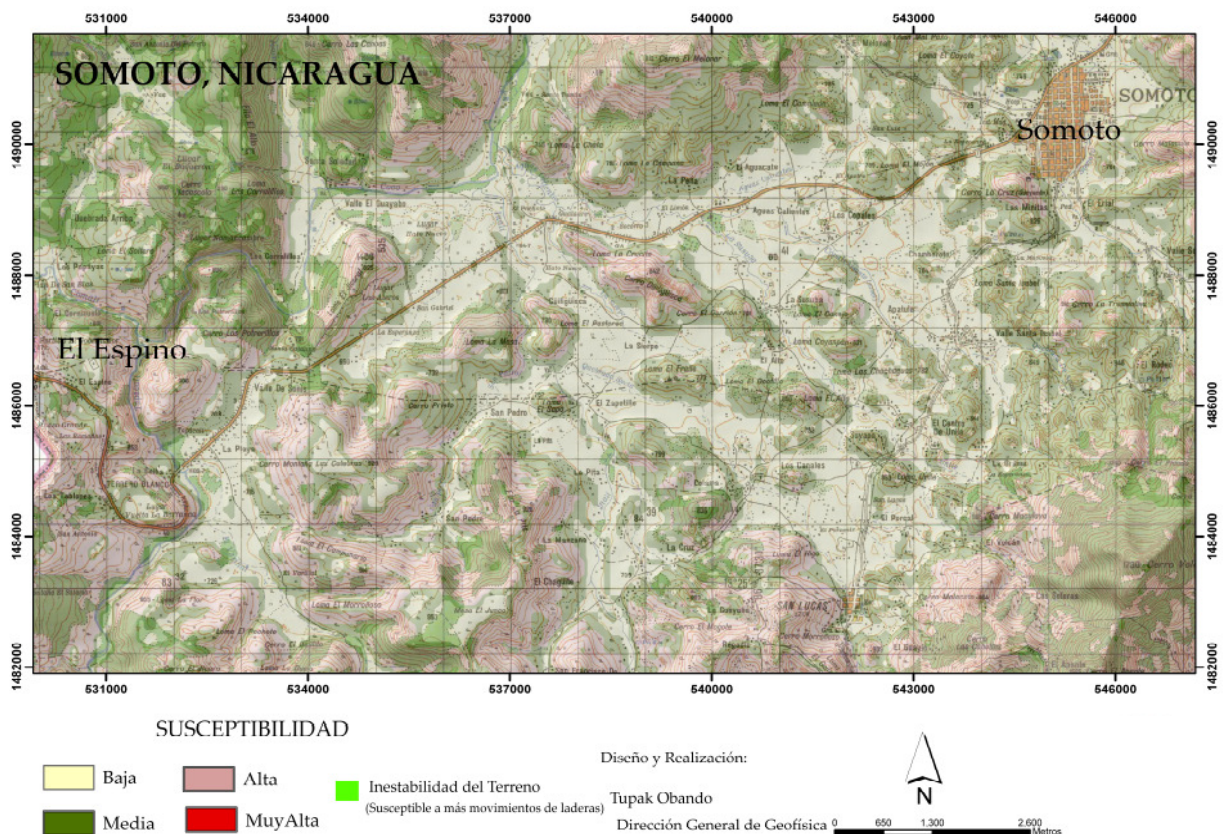
De acuerdo con datos obtenidos, se muestra moderada susceptibilidad a deslizamientos en ese territorio, principalmente, en sitios como, La Esperanza, Loma El Mojón, Cerro La Cruz, Los Copales, El Rastro, Gualaure, Lugar Los Aleros, Santa Catalina, Valle de Sonis, Tapacalí, La Ceiba, Lugar Vuelta La Barranca, Terrero Blanco, Los Tablones, Rodeo Grande, y El Espino. Debido a las condiciones físicas, pendientes, y altura considerables de cortes de taludes hacen que el sitio conocido como Lugar Vuelta La Barranca, se considere de mayor prioridad del resto. Todos estos sitios se localizan a escasos kilómetros al Oeste del Municipio de Somoto, siguiendo tramos de carretera entre Somoto y El Espino.

De igual manera, se muestran alta susceptibilidad a deslizamientos, en sitios como, Cerro La Cruz (Guayacán), Las Minitas, Loma La Crucita, Cerro Guiliguiscas, Cerro Gorrión, Loma El Pastoreo, Loma La Meza, Loma El Jicaral, Cerro Prieto, Cerro Los Potrerillos, Cerro Montañas Las Culebras, Las Ramadas, Los Tablones y San Antonio. Todos estos sitios, se localizan a pocos kilómetros al Este del poblado El Espino, a lo largo de tramo de carretera entre Somoto y El Espino. El Espino, es el último poblado frontera con Honduras, al Norte de Nicaragua.

Hay que destacar, que en la asignación de calificaciones de susceptibilidad a deslizamientos en los sitios antes mencionados, los criterios empleados fueron la morfología superficial (menor de 45 grados de inclinación), tipos de materiales geológicos (ligera a profundamente compacto y fracturados), la humedad del suelo, la actividad sísmica (con aceleraciones sísmica menor a 0.25g propuesta por GSHAP, 1,999) y la precipitación máxima (entre 100 y 400mm/día propuesto por Mora y Varhson, 1991).

Cabe señalar, que según los trabajos realizados en el terreno, se contabilizan cinco terrenos críticos, en que se destacan caída de roca, y flujo de detritos, los cuales ocurren en pendiente entre 15 y 45 grados, y altos de taludes de 25 metros. A su vez, se registran diez áreas inestables del terreno con similares condiciones de ocurrencia. Este tramo de carretera tiene 22 kilómetros de longitud.

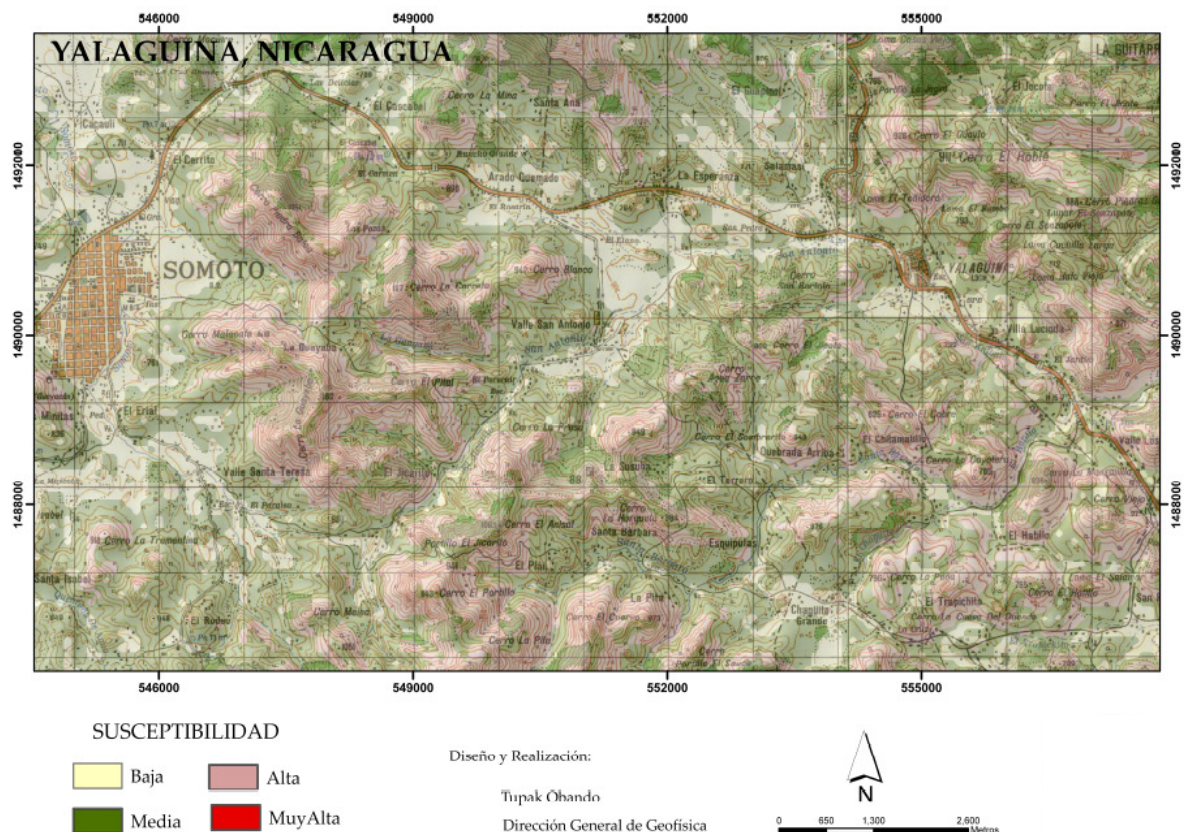
Estos datos, son corroborados con trabajos en campo, que son ilustrados en el mapa que sigue.



Mapa No 6. Susceptibilidad a deslizamientos entre poblados de Somoto y El Espino. Escala 1:65, 000. Diseño y Realización: T. Obando.

De igual manera, se ilustra en el mapa que sigue, se muestra moderada susceptibilidad de deslizamiento en tramo de carretera entre Yalaguina y Somoto, en particular, sitios como: Cerro San Bartolo, Salamasi, La Esperanza, San Pedro, Arado Quemado, El Rosario, Rancho Grande, El Carmen, El Cascabel, Las Delicias, La Cruz Grande, El Cerrito, Caucalí, y Somoto. Todos estos sitios, se localizan a pocos kilómetros al Oeste del Municipio de Yalaguina.

A su vez, el mapa, revela sitios que presenta alta susceptibilidad a movimientos de laderas a lo largo del corte carretera, sobre todo, en lugares como: Loma El Teñidero, Santa Ana, Cerro Piedra Batea, Las Pozas, Cerro Blanco, Cerro La Carreta, Cerro Malacate, y Cerro La Guayaba. Estos sitios, se localizan a pocos kilómetros al Este del Municipio de Somoto. Se emplean como criterios para la determinación de susceptibilidad indicadores de campo y cartografía tal como se ilustra en el mapa No 7.

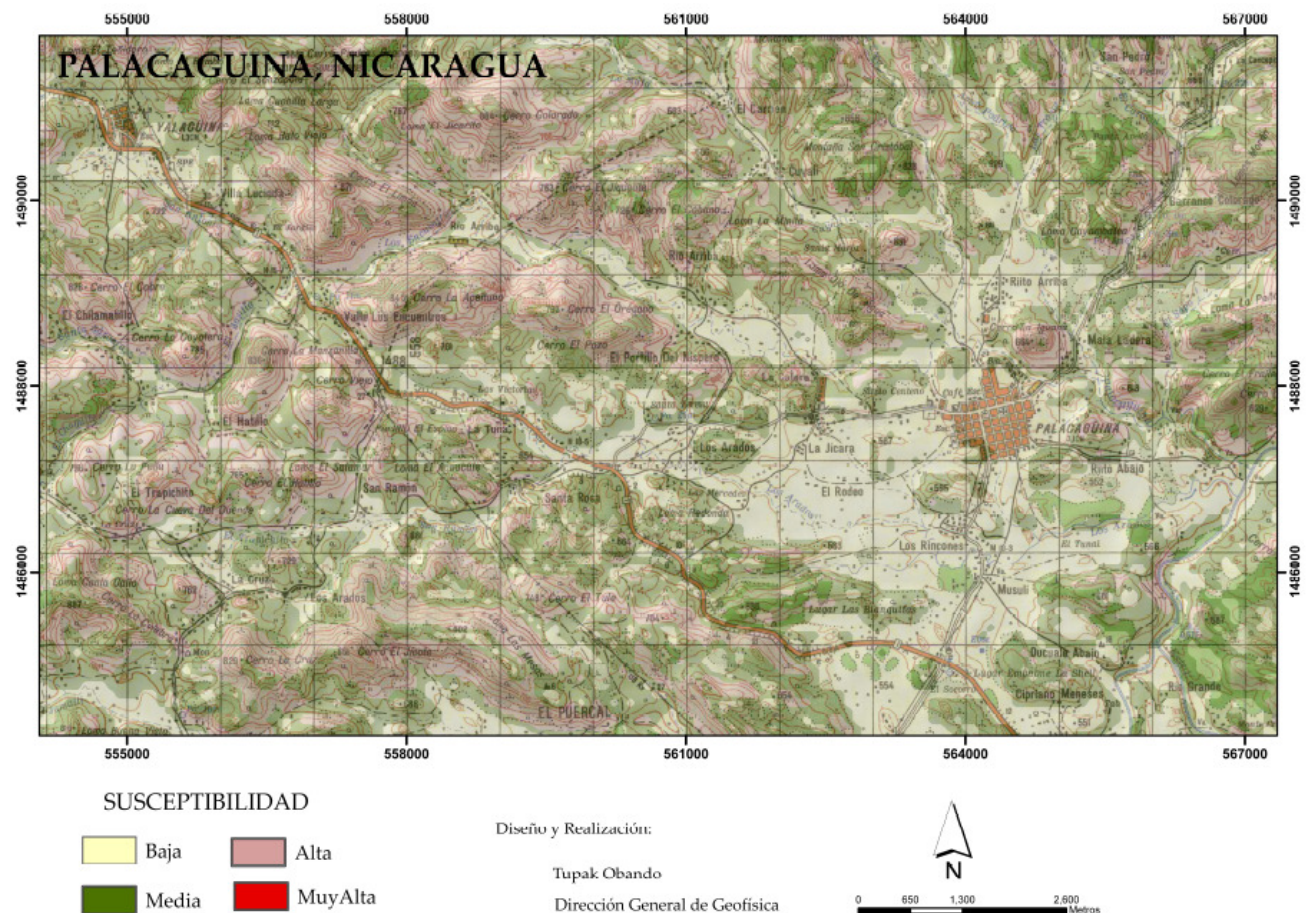


Mapa No 7. Susceptibilidad a deslizamientos entre poblados de Somoto y Yalaguina. Escala 1:65, 000. Diseño y Realización: T. Obando.

Asimismo, en el mapa a continuación, se muestran los grados relativos de susceptibilidad a deslizamientos en la región, con calificaciones moderadas en áreas como en Villa Lucinda, El Jardín, Valle Los Encuentros, Las Victorias, Santa Rosa, Loma Redonda, Lugar Las Blanquitas, El Socorro, Musulí, Los Rincones, El Rodeo, Rito Abajo, El Tunal y Palacaguina.

No obstante, altas susceptibilidades a movimientos de laderas se identifican en el área de interés, en comunidades como, Loma Hato Viejo, Cerro El Limón, Cerro Aceituno, Cerro La Manzanilla, Cerro La Coyotera, Cerro Viejo, Portillo El Espino, La Tuna y Cerro El Tule.

Todos los lugares antes mencionados, se localizan a escasos kilómetros al Sur de los municipios de Yalaguina, y Palacaguina.



Mapa No 8. Susceptibilidad a deslizamientos entre poblados de Yalaguina y Palacaguina. Escala 1:65, 000. Diseño y Realización: T. Obando.

Por otro lado, los depósitos aluviales, las ignimbritas, arenas, filitas grafitosas, y andesitas, son todos, los materiales de mayor predominio en esa región, tal como ocurre en El Espino. Estos datos son corroborados por CATASTRO (1,972).

Otra porción de esos materiales, ya mezclados, se encuentran en las planicies aluviales y relieves montañosos.

Dichos materiales se encuentran leve hasta intensamente alterado, y meteorizado con importante fracturación superficial expuesta en cortes de esta carretera.

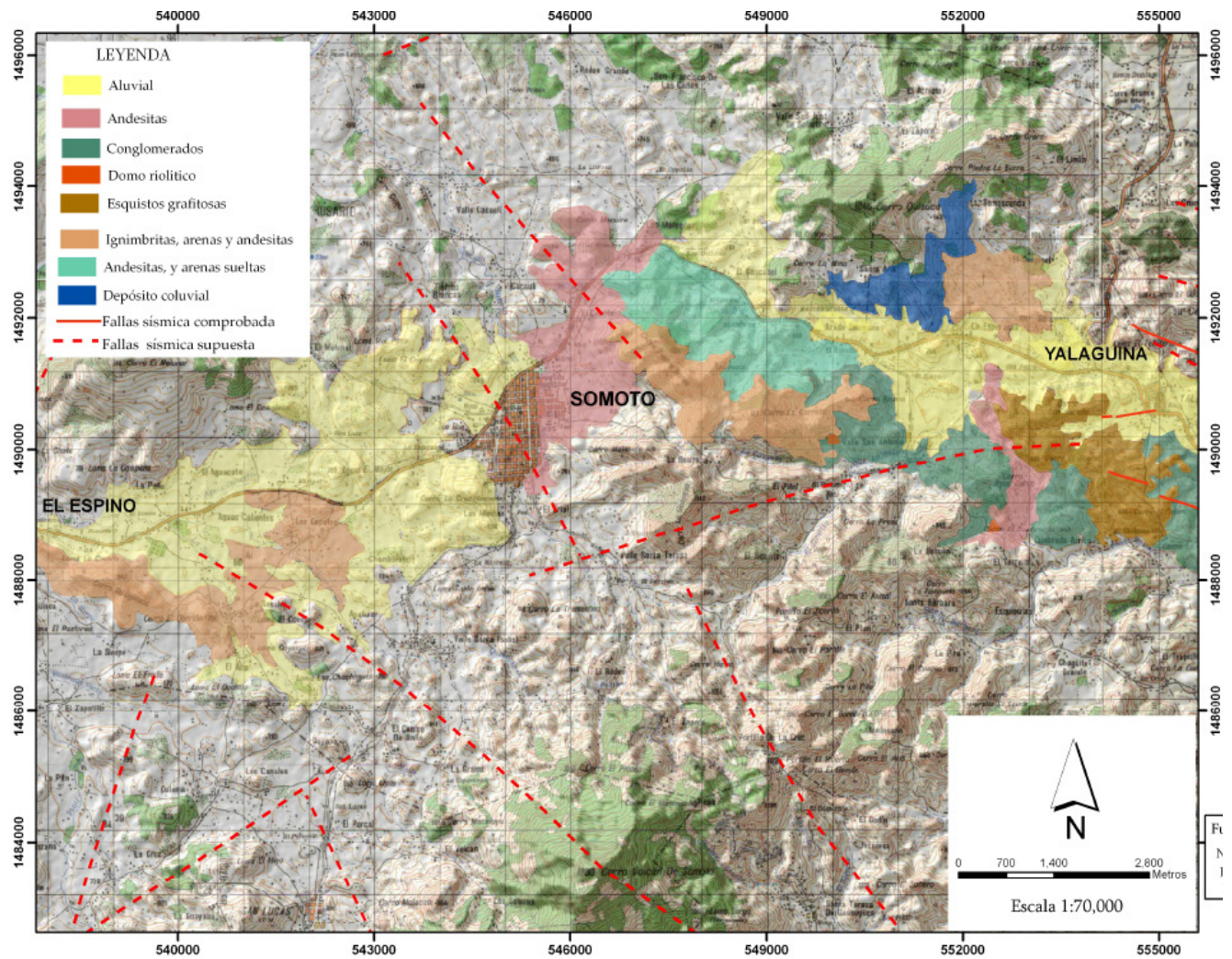
En ese territorio de interés, se reconocen dos fallas geológicas de igual dirección, que corta perpendicularmente el tramo de carretera con rumbos direcciones Noroeste-Sureste, desplazando unidades de capas del subsuelo. Buenos afloramientos se observan en corte de carretera próximo a comunidades, El Cerrito, Loma El Coyote y Somoto.

De acuerdo con el GSHAP (1,999), se determinan valores importantes de aceleración del terreno, 0.25g, y período de retorno de 475 años, que pudiesen ocasionar daños en las construcciones existentes, principalmente, si estos lugares se ubican en la zona de influencia de fallas geológicas locales tal como se ilustran en el mapa más adelante.

A pesar, de los datos de la GSHAP sobre la aceleración del terreno en esa región, éste mismo, sugiere la baja influencia de los sismos someros de subducción, que pudiese incrementar la aceleración sísmica por encima de su norma histórica. Todo lo anterior, obedece, también a múltiples factores mencionados anteriormente.

Razón que indujo al autor, a que se considere en los nuevos proyectos de ingeniería, el componente de amenaza sísmica local para garantizar la vida humana, y funcionabilidad y sostenibilidad de la infraestructura física en esa región.

Los trabajos fueron realizados en el cuadrante Sureste de la Hoja topográfica Somoto (código índice 2856-I) a escala varia.



Mapa No 5. Mostrando la geología entre poblados de Somoto y El Espino.
Escala 1:70, 000. Diseño y Realización T. Obando

Metodología de trabajo

En la preparación de mapas No 5, se procedió de la siguiente:

- ✚ En mapa topográfico Somoto y El Espino (Código índice: 2856-I, y II) a escala 1:70,000 datum WGS 84 del año 1988 editado por Ineter, se dibujó y pintó las unidades de rocas y suelos que afloran en superficie a lo largo del tramo de carretera entre El Espino, Somoto, y Yalaguina. Corroborados con datos de CATASTRO (1,972)
- ✚ A su vez, se aplicó el modelo digital del terreno (MDT) con resolución óptima desde 90 metros de alto propuesto por la NASA (2,003) para resaltar las características del relieve, llanuras de inundación y elevaciones topográficas, así como carreteras, caminos secundarios, y urbes.
- ✚ Posteriormente, se diseñó y representó en un mapa a escala 1:65,000, todas aquellas zonas con calificaciones moderas y alta de susceptibilidad a deslizamientos entre poblados de Somos y El Espino. Para esto, se emplearon indicadores obtenidos en el terreno, que corroboran datos cortesía de Mora y Varhson (1,991).
- ✚ Seguidamente, se construyó polígonos con las capas temáticas de unidades de rocas y suelos superficiales notorios en el terreno. Asimismo, se indicaron dos fallas geológicas comprobadas en campo, y aquellas fallas geológicas foto-interpretadas en imágenes aéreas a escala 1:40,000 del año 1,996, siendo dibujadas en el mapa. Las fallas geológicas se representan por trazos color rojo. Esto con miras a contribuir con planificación, y uso de suelos en los poblados antes referidos.
- ✚ Posteriormente, se aplican conceptos de Sistema de Información Geográfica con ayuda del Software ArcGis 9,0 para la digitalización de capas temáticas espaciales asociados con litología afectada por fallas superficiales, y los terrenos inestables.
- ✚ Se establecieron atributos vinculados con el área en km², simbología y descripción basada en criterios del especialista geólogo sobre la base de las observaciones y criterios antes referidos.

✚ Por último, se preparó el presente documento explicativo como parte del marco de convenio de Cooperación Internacional para el Desarrollo entre Mexico y Nicaragua, apoyado de los datos obtenidos y su análisis, los cuales se introdujeron al programa informático mencionado, permitiendo la elaboración del mapa adjunto que figura más adelante.

Explicación de mapa de susceptibilidad por deslizamientos, y geología en tramo de carretera entre poblados de Estelí y La Trinidad (Nicaragua)

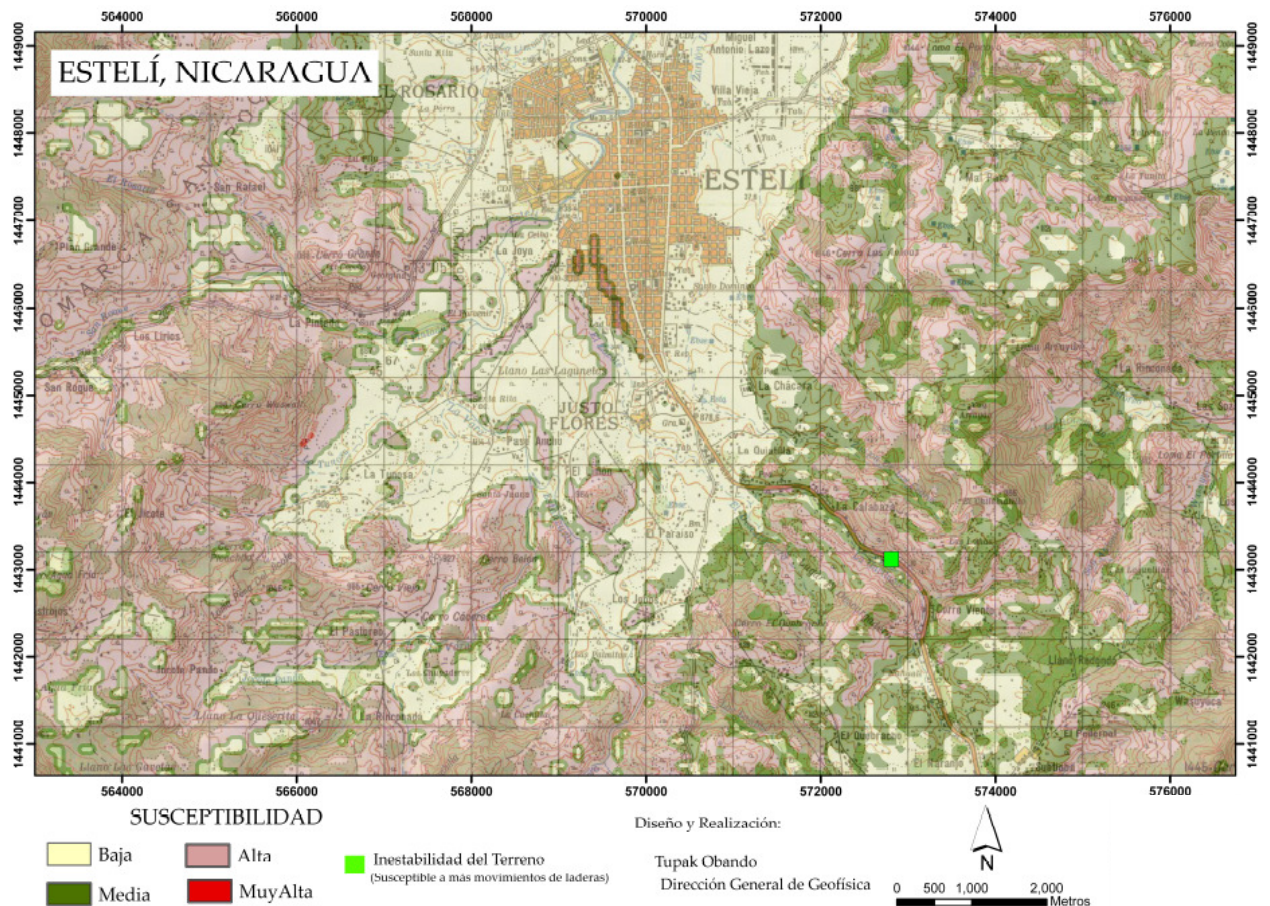
Este documento completa el mapa anexo que muestra la extensión superficial de rocas y suelos que componen la geología en Estelí, y La Trinidad (Nicaragua), al Norte de Nicaragua.

El territorio presenta morfologías escarpada y escabrosa e irregular entre 800 y 1,200 metros de altura con pendientes entre 15 y 45 grados.

De acuerdo con trabajos realizados, se presentan moderada susceptibilidad a deslizamientos en comunidades, La Quiatilla, La Gavilana, Corre Viento, El Quebracho, El Pedregal y Nahuali. Por el contrario, se presenta alta susceptibilidad a movimientos de masas en las regiones, La Calabaza, Chilamatillo, Lugar el Descargadero y Cerro El Quebracho. Todos estos sitios, se localizan a escasos kilómetros al Sur del Municipio de Estelí.

Para esto, se aplican criterios basado en pendientes de 4 y 38 grados, la condición física de las rocas (desde ligero hasta intensamente fracturado y compacto), la humedad del suelo, la actividad sísmica expresada en valores de aceleración del terreno, siendo éstas de 0,25 y 0,28 g, así como, la precipitación máxima (entre 100 y 400mm/día, corroborada por Mora y Varhson, 2,001), los cuales se ilustran en el mapa No 6.

Cabe señalar, que en la zona la Gavilana (en mapa, cuadro color verde), se identificó deslizamiento de tierra de importantes dimensiones, cuyo escarpe de terreno ocupa lo alto de terraza de una de las márgenes del Río Estelí, avanzando tierra adentro, poniendo en riesgo la carretera principal entre La Trinidad y Estelí (Nicaragua)



Mapa No 6. Mostrando la susceptibilidad por movimientos de laderas en Estelí y sus alrededores. Escala 1:50, 000. Diseño y Realización: T. Obando.

Los depósitos aglomeráticos, los suelos de textura areno-limosa, y roca basalto, así como, los suelos de textura arenosa, limo-arcillosa, y areno-limosa, son todos, materiales de mayor predominio en esa región. Datos que corroboran Cartografía de CATASTRO (1,972).

Otra parte de esos materiales, ya mezclados, se encuentran en llanos de inundación del Río Estelí, y elevaciones topográfica de sus alrededores.

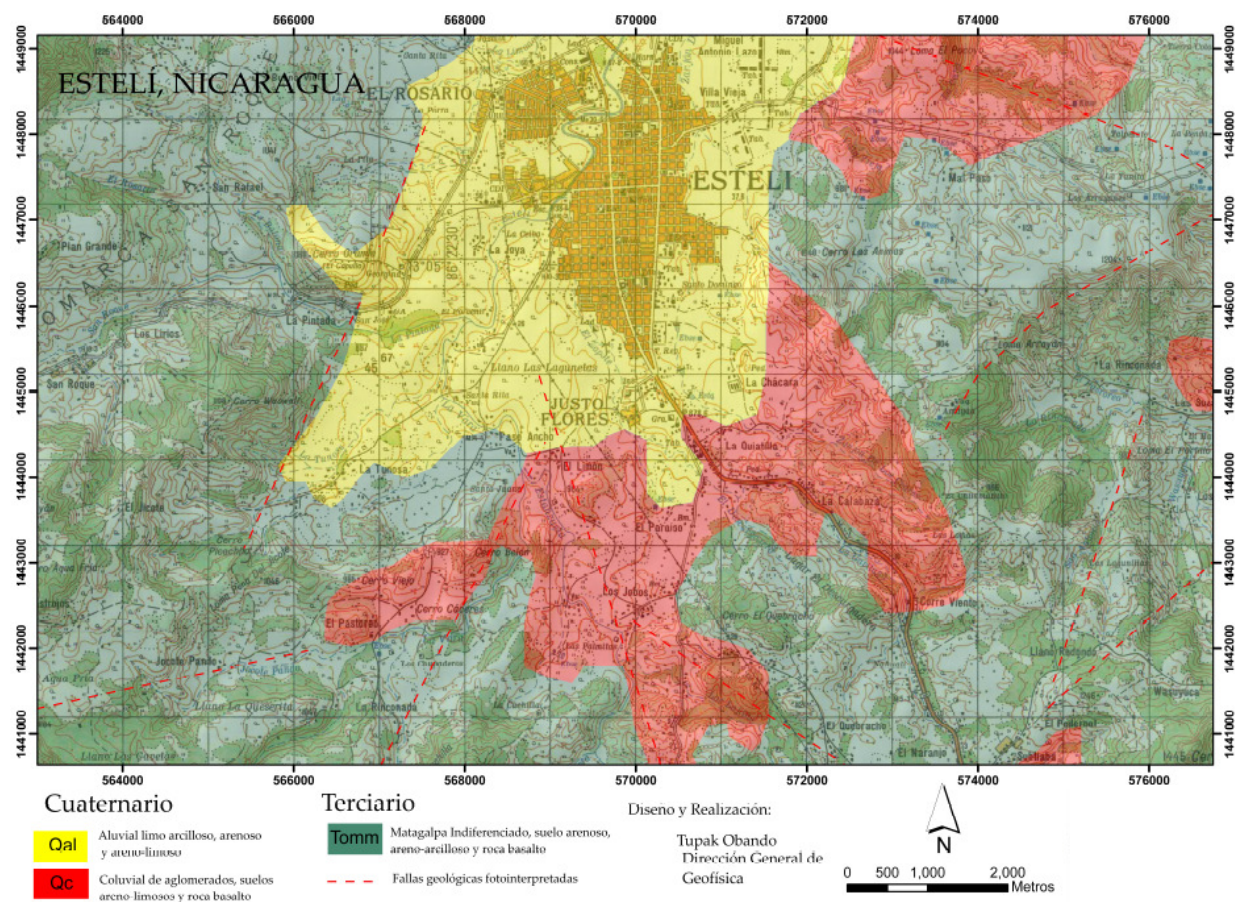
Dichos materiales se encuentran leve hasta intensamente alterado, y meteorizado con moderada fracturación superficial en cortes de taludes de este tramo de carretera. Los sistemas de fallas geológicas foto-interpretadas no inciden de manera directa, ni cortan la carretera.

No obstante, es preciso señalar las pocas fallas geológicas que se muestran en los terrenos montañosos de Estelí tienen una dirección preferencial Noreste-

Suroeste con longitud de trazos importantes representadas en mapa por líneas discontinuas color rojo.

Buenos afloramientos se presume estén, fuera del territorio de estudio, se observan en sectores Oeste, Suroeste y Noroeste de Estelí, en sitios como, El Rosario, Las Pintadas, Cerro Grande, Justos Flores, Los Jabos, Cerro Cáceres, Jocote Pando, Cerro Waswali y El Limón.

De igual manera, se prevén buenos afloramientos al Este, Sureste y Noreste de Estelí, en sitios como, Loma Pocoyo, Loma Arrayán, Loma Portillo, Llano Redondo, Las Lagunitas, Subtiaba, Wasuyuca y El Pedernal.



Mapa No 7. Mostrando la geología en Estelí y sus alrededores. Diseño y Realización: T. Obando

Según la GSHAP (1,999), se determinan para esta zona, aceleraciones del terreno no superior a los 0,28g con período de retorno de 475 años y probabilidad de excedencia del 10%. Sugiriendo una baja incidencia de los simos de subducción de moderada profundidad y magnitud Richter, no descartando su papel, en el disparo de los valores de aceleraciones por encima

de la norma histórica. Cabe mencionar, que además de la sismicidad, se suman otros factores influyentes descritos en los párrafos anteriores.

Razón por el cual, se considere la sismicidad superficial en los nuevos diseños y construcciones de obras civiles que se realicen en esa región al Norte del país, principalmente, en aquellas áreas próximas a las fallas geológicas ya referidas.

Los trabajos fueron realizados en el cuadrante de la Hoja topográfica Estelí (código índice 2955-III) a escala 1:50,000.

Metodología de trabajo

En la preparación del mapa se procedió de la siguiente:

- ✚ En mapa topográfico Estelí (Código índice: 2955-III) a escala 1:50,000 datum WGS 84 del año 1988 editado por Ineter, se indican las zonas de modera y alta susceptibilidad a deslizamientos, las cuales se ubican al Sur de la cabecera municipal de Estelí, en segmento de tramo de carretera entre los poblados de La Trinidad y Estelí.
- ✚ A su vez, se aplicó el modelo digital del terreno (MDT) con resolución óptima desde 90 metros de alto propuesto por la NASA (2,003) para resaltar las características fisiográficas del terreno, las elevaciones topográficas, llanos de inundación, carreteras, poblados rurales y urbanos, caminos de penetración, elementos vinculados con la inestabilidad de laderas, entre otros.
- ✚ Posteriormente, se delimitó y pintó polígonos (en mapa, cuadro color amarillo, verde y rojo) de las capas superficiales de rocas y suelos que destacan en el terreno en distintos colores, y su comparación con datos aportados cortesía de CATASTRO (1,972)
- ✚ Seguidamente, se indican fallas geológicas foto-interpretadas vistas en fotos aéreas del área a escala 1:40,000 del año 1,996, siendo superpuesta al mapa en uso. Las fallas geológicas se representan por líneas discontinuas color rojo con longitudes de trazos variables. Esta información es básica para la ordenanza de territorios, zonación del uso de suelo y su planificación urbana, la cual debe estar disponible en oficinas catastrales de Municipios de La Trinidad y Estelí.
- ✚ Posteriormente, se aplican conceptos de Sistema de Información Geográfica con ayuda del Software ArcGis 9,0 para la digitalización de capas temáticas espaciales asociados con susceptibilidad de la zona a deslizamientos, su geología, terrenos inestables y otros. Para tal efecto, se establecen atributos vinculados con el área en km², simbología y descripción basada en criterios del especialista geólogo sobre la base de las observaciones y criterios antes referidos.

✚ Por último, se preparó el presente documento explicativo como parte del marco de convenio de Cooperación Internacional para el Desarrollo entre Mexico y Nicaragua, apoyado de los datos obtenidos y su análisis, los cuales se introdujeron al programa informático mencionado, permitiendo la elaboración del mapa antes mostrados.